

Исследуются особенности разрыва проводников, находящихся под грузом и под действием постоянного тока, значение которого превышает номинальное в 10-15 раз

УДК 621.316

Н.Б. Сибирцева,

А.Н. Семернин, к.т.н., доц.

Белгородский государственный технологический университет

им. В.Г. Шухова

ОСОБЕННОСТИ РАЗРЫВА ПРОВОДНИКОВ, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД ГРУЗОМ И ПРИ ПРОТЕКАНИИ МАКСИМАЛЬНОГО ТОКА

Авторами ранее были проведены исследования процессов, происходящих в проводнике при протекании по нему токов, в 10-15 раз превосходящих номинальный. Было установлено, что в месте обрыва проводника имеют место резкие скачки температур на достаточно малых участках проводника, которые приводят к соответствующим изменениям сопротивления, что, возможно, служит причиной обрыва проводника в этом месте. Необходимо установить, как повлияет на исследуемые процессы помещение груза на проводник, и определить, будет ли обрываться проводник в том же месте, что и без груза, т.е. под действием температурной составляющей или же это будет происходить под действием силы тяжести.

Для изучения этих процессов применялась установка, состоящая из источника питания постоянного тока (ИП), добавочного сопротивления (R) и исследуемого образца (ОИ) в виде медной проволоки диаметром 0,2 мм, закрепленной на двух стойках. На середину проводника помещался груз, массой 20 г. Для исследования теплового поля применялся тепловизор TVS 110.

Температура, в физическом смысле этого слова, это мощность инфракрасного излучения. Это излучение для глаза человека невидимо, и только очень сильно нагретые тела начинают испускать волны, лежащие в пределах светового диапазона. Температура — самое универсальное отражение состояния оборудования, технологических процессов и др. При изменениях режима работы оборудования, изменение температуры является основным показателем состояния контролируемого оборудования. Температурные реакции на те или иные режимы работы возникают на всех этапах эксплуатации оборудования. Применение тепловизионной диагностики основано на том, что наличие практически всех видов дефектов оборудования вызывает изменение температуры дефектных элементов и, как следствие, изменение интенсивности инфракрасного излучения (ИК), которое может быть зарегистрировано тепловизионными приборами. Важно, чтобы измерялось собственное излучение обследуемого объекта, связанное с наличием и степенью развития дефекта. Присутствие дефекта выявляется сравнением температуры аналогичных участков поверхности оборудования, работающих в одинаковых условиях нагрева и охлаждения.

Методика проведения эксперимента. Исследуемый проводник с грузом был подключен к источнику постоянного тока. Напряжение, подводимое к проводнику, постепенно увеличивали, при этом проводник начинал нагреваться и удлиняться. После того, как происходило плавление изоляции и она сгорала, проводник выдерживался при этой температуре. Затем напряжение снимали и проводник остывал, при этом его удлинение уменьшалось. И снова, напряжение, подводимое к образцу постепенно увеличивали. После того, как обгорал изоляционный слой образца, напряжение, подводимое к проводнику, снимали и давали ему остыть, после чего продолжали исследование. При достижении тока значения 6,5А при напряжении 29,5В, проводник обрывался, причем место обрыва проводника совпадало с предыдущим опытом. Средняя длина исследуемого проводника до нагревания составляла 213 мм. Длина отрезков после обрыва соответственно составляла

ла 58 мм и 156 мм. При этом сумма длин отрезков оказалась на 1-2 мм больше, чем исходная длина проводника.

Поскольку во всех опытах начальная длина проводника была неодинаковой, будем рассматривать не абсолютную длину участка, на котором происходит обрыв, а отношение длины этого участка к длине всей проволоки (см. данные в табл. 1).

Таблица 1

Длина до нагрева- ния l_0 , мм	Длина большей час- ти проводника l_{\max} , мм	Длина меньшей части проводника l_{\min} , мм	Относительная дли- на l_{\max} / l_0
216	162	65	0,75
212	173	44	0,646226
214	160	59	0,747664
215	120	56	0,55814
203	129	78	0,635468
211	142	72	0,672986
208	146	67	0,701923
213	156	59	0,732394
215	164	54	0,762791
213	157	60	0,737089
214	48	168	0,785047
213	52	165	0,774648
214	48	171	0,799065
215	51	168	0,781395
222	171	49	0,77027
213	59	154	0,723005
212	146	69	0,688679
212	159	59	0,75

Как можно заметить, обрыв проводника происходит примерно на одном расстоянии от одной из стоек. Таким образом, можно отметить, что с вероятностью 28% обрыв произойдет ближе к первой стойке, а с вероятностью 72% - ближе ко второй стойке. Поэтому представляется возможным оценивать расстояние от стойки до точки обрыва, огораживая вероятности обрыва у разных стоек, по следующим зависимостям:

$$m(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 0,723155011;$$

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - m(x))^2 = 0,003926014;$$

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - m(x))^2}{n-1}} = 0,062657916,$$

где $m(x)$ - математическое ожидание; σ^2 - дисперсия; σ - среднее квадратичное отклонение.

Согласно распределению Стьюдента, измеряемая величина попадает в интервал:

$$J(P) = (m(x) - t\sigma \div m(x) + t\sigma),$$

тогда для различных вероятностей получим:

$$\begin{aligned} P=0,7: t=1,19 & J(0,7) = (0.6562 \div 0.7901); \\ P=0,8: t=1,533 & J(0,8) = (0.6396 \div 0.8067); \\ P=0,9: t=2,133 & J(0,9) = (0.6141 \div 0.8322). \end{aligned}$$

Расчет максимального абсолютного и относительного удлинения проводника с грузом массой 20 г.:

$$\Delta l = l - l_0,$$

где l – длина проводника перед обрывом; l_0 – начальная длина проводника.

При этом длина проводника перед обрывом

$$l = 2\sqrt{l_0^2/4 + h^2},$$

где h – величина прогиба.

Максимальное абсолютное удлинение проводника с грузом массой 20г будет составлять $l = 224$ мм, $\Delta l = 8$ мм. Относительное удлинение проводника с грузом составляет 3,7%.

Зависимость относительного удлинения проводника от тока, протекающего по нему, показана на рис.1.

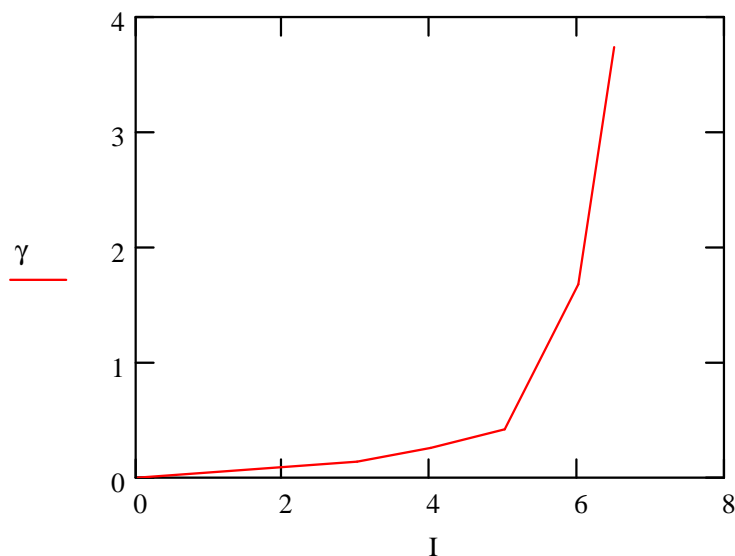


Рис.1. Зависимость относительного удлинения проводника от тока

На рис.2 представлена термограмма, снятая практически перед обрывом проводника при токе 6,5А, а на рис. 3 – распределение температуры по линиям L1 и L2, проведенным с учетом деформации проводника

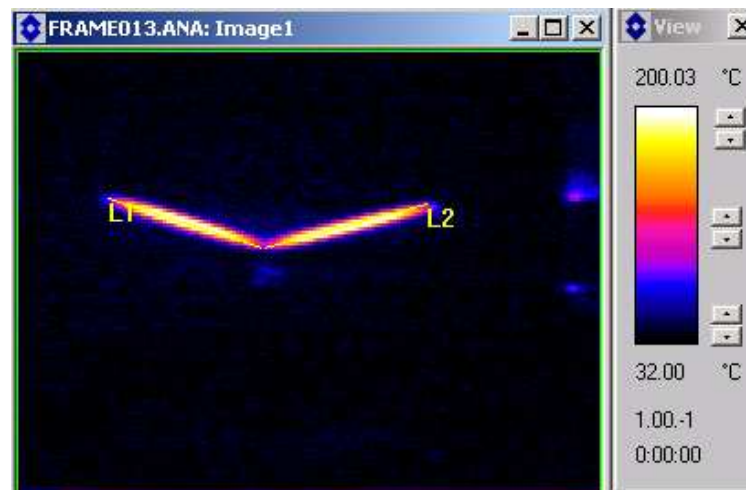


Рис.2. Типовая термограмма образца

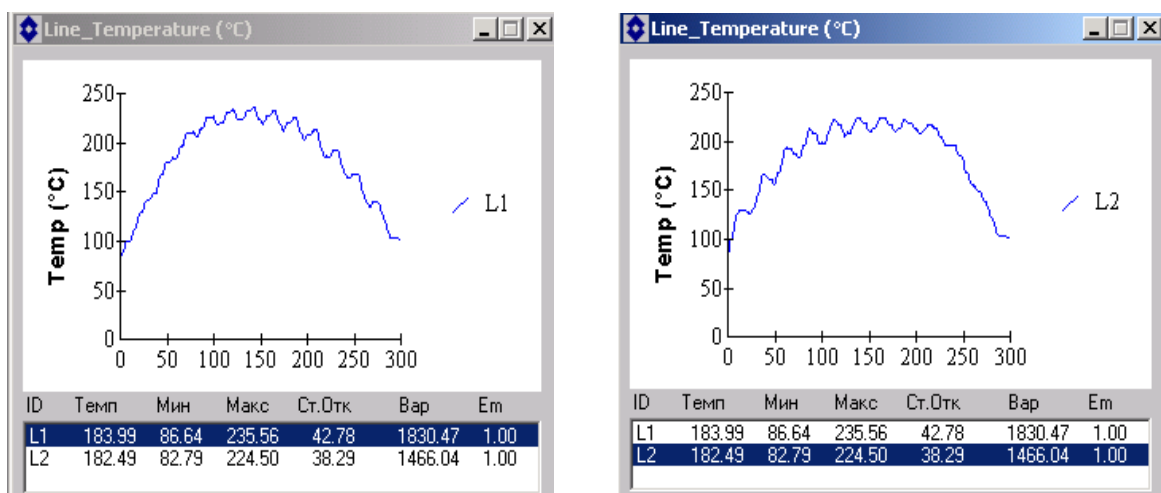


Рис.3. Распределение температуры по линии L1 и L2

По линиям L1 и L2 наблюдаются пульсации значений температуры на поверхности проводника. На малых участках проводника изменения температуры достигают 30-40 °C и им соответствуют изменения сопротивления на 3,3-2,6 Ом. Следовательно, наличие груза влияет на текучесть данного образца, но не оказывает при этом влияния на точку его обрыва. Это доказывают опыты, проведенные при тех же условиях и по той же методике, но с разными массами грузов, результаты которых представлены в табл. 2.

Таблица 2

Масса груза, г	Длина до нагревания l_0 , мм	Длина большей части проводника l_{max} , мм	Длина меньшей части проводника l_{min} , мм
20	213	156	58
50	212	154	64
60	212	163	61
120	213	162	64

Если поместить груз не в центр проводника, а на место предполагаемого обрыва, то точка обрыва перемещается в среднем на 55-65 мм от груза, то есть на то же расстояние, на котором она находилась относительно стойки крепления при симметричном расположении нагрузки и без нее.

Литература

1. Обложим, В.А. Тепловизионный контроль при организации ремонтов электротехнического оборудования по его состоянию /В.А. Обложим // Электрические станции. – 2000 - № 6. – С. 58-63.
 2. Метрология и радиоизмерения: учебник/ под ред. В.И. Нефедова. М.: Высшая школа, 2006.- 526 с.
-
-

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРИВУ ПРОВІДНИКІВ, ЩО ПЕРЕБУВАЮТЬ ПІД ВАНТАЖЕМ І
ПРИ ПРОТІКАННІ МАКСИМАЛЬНОГО СТРУМУ

Н.Б. Сибирцева, А.Н. Семернин

Досліджуються особливості розриву провідників, що перебувають під вантажем і під дією постійного струму, значення якого перевищує номінальне в 10-15 разів

CABLE BREAK FEATURES UNDER LOAD AT PEAK CURREUT

N.B. Sibirtseva, A.N. Semernin

They are researched peculiarities of the breakup conductor, residing under load and under the action of direct current, which importance exceeds nominal in 10-15 once